

ANÁLISE DE TENDÊNCIA DE SUPERFÍCIE APLICADA À PROSPECÇÃO DE MINERAIS DE PEGMATITOS PELO MÉTODO DO CONCENTRADO DE BATEIA NA REGIÃO DE NAZARENO-CASSITERITA – MG

R. Francesconi, J.V. Valarelli

Departamento de Mineralogia e Petrologia

e

G. Amaral

Departamento de Paleontologia e Estratigrafia

ABSTRACT

The application of trend surface analysis to mineral concentrates from pegmatites of the Nazareno-Cassiterita region disclosed a definitive pattern. The interpretation of the resulting surfaces for different minerals, indicated that the most important concentrations are located in the western portion of the region, near the Rio das Mortes, within amphibolitic rocks. Recent discoveries in that area stressed the efficiency of the trend surface technique when applied to such problems.

RESUMO

A aplicação da técnica da análise de tendência de superfície para concentrados minerais de pegmatitos da região de Nazareno-Cassiterita, mostrou um padrão definido. A interpretação das superfícies resultantes para diferentes minerais indicou que as mais importantes concentrações estão localizadas na porção oeste da região, próximo ao Rio das Mortes, encaixado em rochas anfíbolíticas. Descobertas recentes nesta área reforçam a eficiência da técnica da análise de tendência de superfície quando aplicada a tais problemas.



INTRODUÇÃO

A técnica da *análise de tendência de superfície* tem sido cada vez mais utilizada em estudos de geologia econômica, graças à rapidez do processamento dos dados colhidos e à eliminação de critérios pessoais e subjetivos, na interpretação de variações em área, dos parâmetros desejáveis.

No Brasil, diversas tentativas foram feitas com êxito podendo ser citados trabalhos de Amaral et al (1971) e Ellert (1971) para delimitação de regiões mineralizadas nas proximidades de jazidas de níquel e de cobre, a partir de resultados analíticos de prospecção geoquímica

e de dados eletro-magnéticos de prospecção geofísica, respectivamente.

No presente caso, através de dados quantitativos obtidos a partir de amostragem da fração pesada de 90 pegmatitos na região de Nazareno-Cassiterita, esperava-se conseguir mapas que mostrassem zonas mais favoráveis à concentração de minerais como tantalita, cassiterita, ilmenita e magnetita, pela comparação das linhas de isovalor de cada uma dessas espécies minerais, visando a obtenção de um guia indireto para futura prospecção na área estudada, ou em áreas semelhantes.

A região escolhida para este estudo estatístico foi a das imediações da cidade de Cassiterita (fig. 1), em razão da grande densidade de afloramentos de pegmatitos existentes e pelo fato de nesta região coexistirem corpos em que a mineralização predominante é de tântalo, com outros em que o estanho é mais abundante, além de alguns estéreis.

Executou-se na região escolhida um mapeamento geológico na escala de 1:30.000, apresentado em 1:75.000 na figura 2. Nessa ocasião foram locados aproximadamente 150 afloramentos de pegmatitos, alguns já conhecidos e a maioria assinalados pela primeira vez.

O Mapa Geológico da Quadrícula de Cas-

siteira (fig. 2) foi executado com o objetivo de amparar a interpretação genética dos resultados da *análise de tendência de superfície*, procurando estabelecer controles litológicos e/ou estruturais. A geologia da área acha-se descrita em Francesconi (1972).

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostraram-se vários pegmatitos que ocorrem em cortes de estradas, ao longo de ribeirões e córregos e outras situações, dos quais retirou-se uma porção que variou de 200 a 1000 kg de pegmatito alterado, dependendo da aparente concentração de pesados. Este material foi posteriormente bateado, afim de se obter o con-

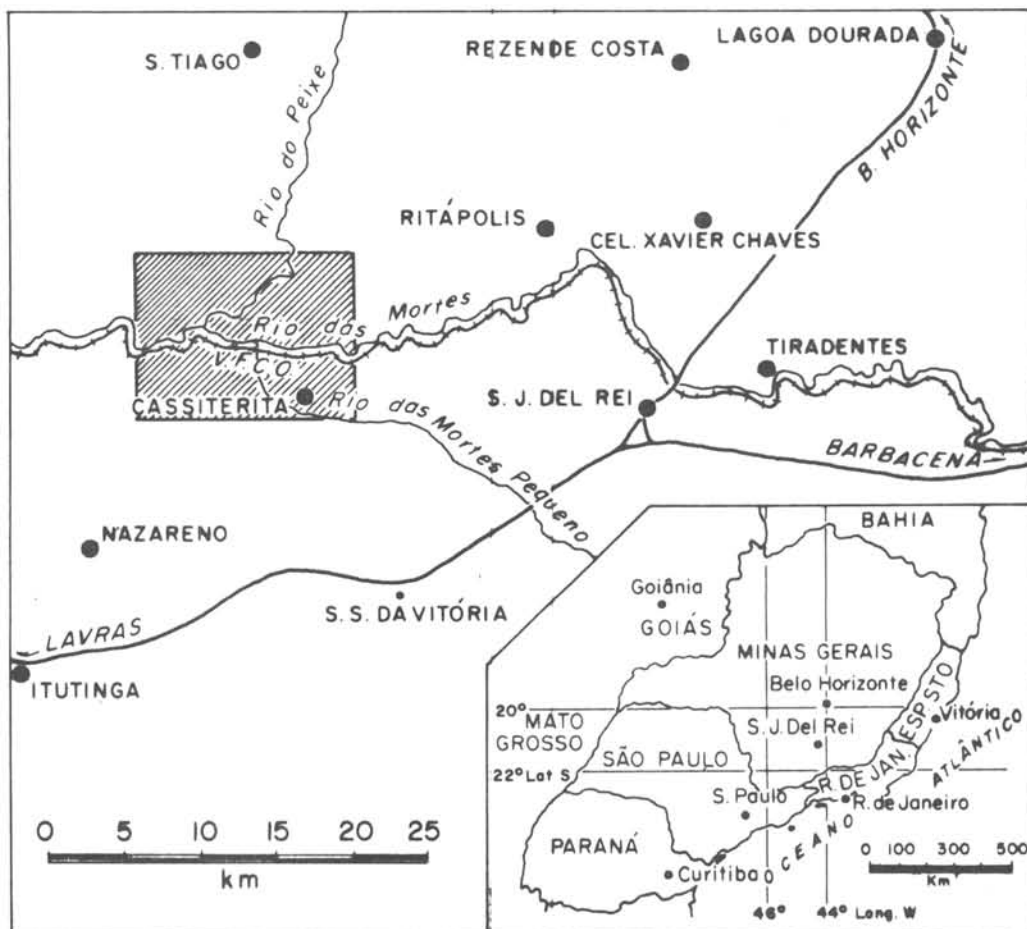


Fig. 1 — Localização da área de estudo

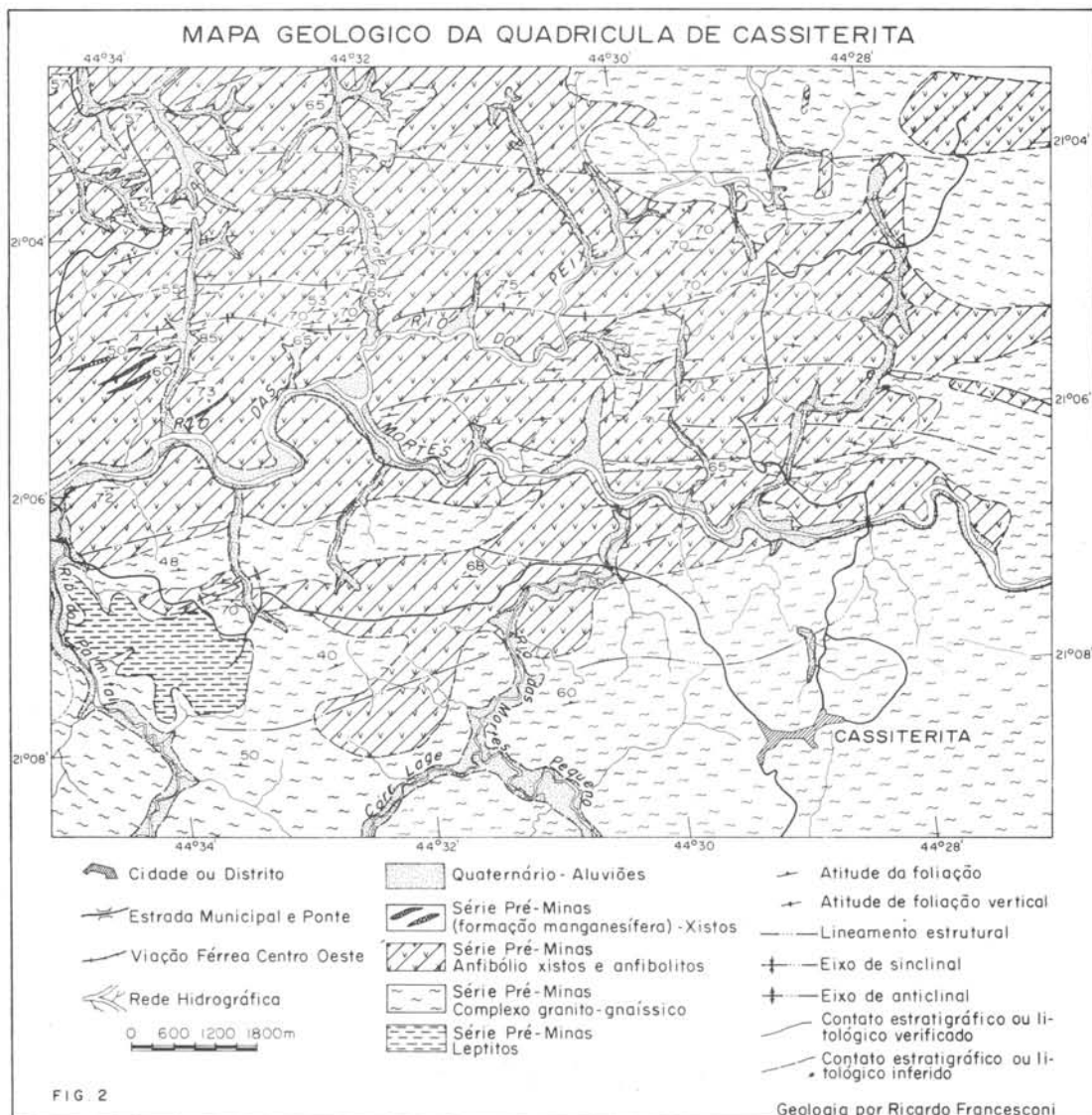


FIG. 2

centrado pesado, conhecendo-se assim o teor deste, em gramas por tonelada de pegmatito.

Em alguns casos, obtiveram-se, com sucesso, de pequena profundidade, amostras de pegmatitos retiradas a trado em locais com vestígios de pegmatitos. Esses vestígios consistem em formigueiros, nos quais se observou a presença de argila branca e plaquetas milimétricas de muscovita. Existe na região uma formiga denominada *correição*, que traz material de até 10 m de profundidade, fato esse que auxiliou bastante a prospecção de novos pegmatitos.

Em alguns destes casos, entretanto, a amostragem a trado mostrou-se inócua pelo fato da sondagem não atingir o pegmatito ou de o mesmo ser de dimensões reduzidas ou, ainda, apresentar atitude desfavorável.

As amostras de concentrados de minerais pesados foram submetidas ao seguinte processamento:

- a) separação por bromofórmio;
- b) separação da magnetita com ímã na mão;

- c) separação eletromagnética na Usina do DNPM situada na Estação de Nazareno, que permite a obtenção das frações: magnetita-maghemita, ilmenita e tantalita-columbita;
- d) separação eletrostática do resíduo anterior para obtenção das frações: cassiterita, microlita e areia quartzosa.

Após alguns ensaios preliminares para a determinação da variação das constantes elétricas e da velocidade da correia dos separadores eletromagnéticos e eletrostáticos, o tratamento dos itens c e d adquirem uma boa reprodutibilidade, servindo de base para a avaliação econômica do pegmatito.

Para a elaboração dos cálculos foi usado o programa DTREND, desenvolvido por um dos autores (G. Amaral) para o computador Burroughs — 6700.

Este programa fornece superfície de até sexto grau, os respectivos resíduos, bem como mapas de isovalor (figs. 4 a 11) definidos por polinômios ortogonais.

Além disso o programa fornece os coeficientes de correlação e a porcentagem da soma total dos quadrados dos resíduos, que dão idéia do ajuste da superfície calculada aos dados observados.



TANTALITA

SUPERFICIE DE GRAU 1

[illegible]

TANTALITA

SUPERFICIE DE GRAU 4

	*.00	60.00	126.67	193.33	260.00	326.67	393.33	460.00
.00*I		9 8 7 6 55555 5555	66 77 68 79			7 87654 1		I
I		9 8 7 6 5 4 3333	3333	44 55 66 7		888888 7 54 0		I
I	7 6 5 44 33	222	111111	22 33 4 5 666		66 5 32		I
I	44 33 22 11	00000000		11 22 3 44	5555555 4 3210			I
I	222 11 000			000 11 2 33	4444444 3 2			I
55.30=16	1111111111	060		00 11 22	333 333 2 1			I
I	00	0000		00 11 222		22 1 0		I
I	0	0000		000 111	22222222	1 0		I
I	00 11111111	0000		0000	111	1 0		I
I	0 11	1111	0000000000000000		11111	111 00		I
I	011 22	2222	111	0000000000		1111111111 00		I
121.67=1	0 122 33	333	22 1111			1111111 00		I
I	01 3 44	444	33 22 1111			00		I
I	23 4 55	555	44 33 22 111			00		I
I	45 66	666	55 4 33 22 111			000		I
I	2345 6 777	777	66 55 4 3 22 111			000		I
I	23 56 7 8508888	77 66 5 4 33 22 111			000000	00 1		I
186.03=1	2 7 8 9999	88 7 6 5 4 33 22 111			0000000000	1111111 1		I
I	0 3 8 99	99 88 7 6 5 4 3 2 11			0000000000	111		I
I	34 8 9	9 8 7 6 5 4 33 2 1			0000000000	11 22 33		I
I	2 5678 9	9 88 7 6 5 4 3 2 1 000			000	1 2 3 4 1		I
I	3 4	99 8 7 6 5 4 3 2 11 000			00	11 2 3 4 5 6 1		I
I	02 5678 9	9 8 7 6 54 3 22 1 00			00	1 2 3 45 6 1		I
254.39=1	2 567 99	99 8 7 6 5 4 3 2 11 00			00	1 2 3 56 9 1		I
I	2 56 8	9988 88 7 6 5 43 2 1 00			0 1 2 34 6789			I
I	23 61	888888 77 6 5 4 3 2 1 00			00 1 34			I
I	0	6 777777 6 5 4 3 2 1 00			0 1 34 89			I
I	3 5	66666 55 4 33 2 1 00			0 1 2345678			I
I	8 4	44 3 2 11 00			0 1 234567			I
320.76=1	12 3333333	2 1 00			0 1 3456 9			I
I	011	11 00			0 1 89			I
I	000000000				0 12 7			I
I					01 23456 9			I

SUPERFICIE DE GRAU 6



SUPERFICIE DE GRAU 1



SUPERFICIE DE GRAU 3

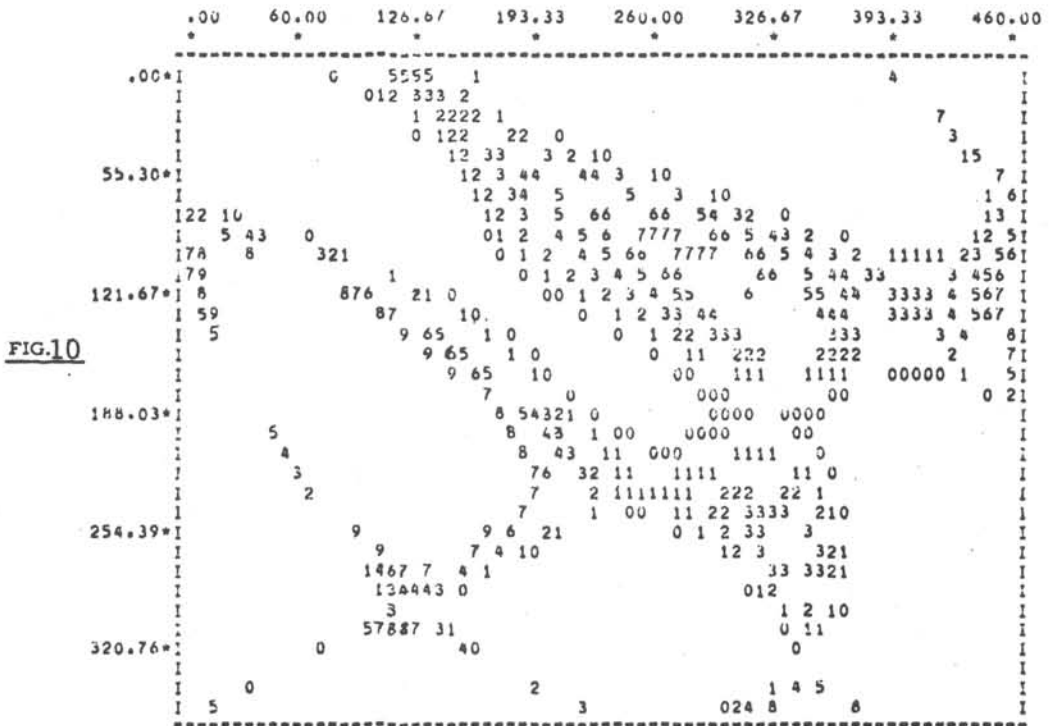


SUPERFICIE DE GRAU 6



ILMENITA

SUPERFICIE DE GRAU 6



MAGNETITA

SUPERFICIE DE GRAU 6



A equidistância usada entre as curvas foi, em primeira tentativa, de 5 (5 gramas de mineral por tonelada de pegmatito) e em segunda tentativa de 20, que mostrou melhor disposição gráfica.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

TANTALITA

A fração denominada *tantalita* era constituída de minerais da série isomorfa columbita-tantalita, microlita e pirocloro, além da ixiolita, que tem o mesmo comportamento no separador eletromagnético da Estação de Nazareno.

Através dos dados fornecidos pelo programa, a *tantalita* mostrou desde a superfície de grau 1, tendência de crescimento segundo o sentido NE-SW (fig. 4). Na superfície de grau 4 (fig. 5) com alto coeficiente de correlação, observa-se a discriminação de um *alto* a sudoeste da área, que na superfície de grau 6 (fig. 6) torna-se mais evidenciado. Nesta última aparecem também zonas menos favoráveis à concentração da *tantalita*.

Foram colocados em mapas, na mesma escala dos executados pelo computador, os resíduos positivos ou negativos, em cada ponto amostrado.

A Tabela 2 mostra as variações das porcentagens da soma total dos quadrados dos resíduos e os coeficientes de correlação das diversas superfícies desde grau 1 até grau 6.

CASSITERITA

O processamento da fração *cassiterita* revelou nas superfícies de grau 1, uma distribuição crescente de E para W (fig. 7). Na superfície de grau 3, ainda que com baixo coeficiente de correlação, já se nota uma tendência de

TABELA 1 - DADOS PARA ANÁLISE DE TENDÊNCIA DE SUPERFÍCIE. EXPRESSOS EM GRAMA DE MINERAL POR TONEIADA DE PEGMATITO.

Ponto nº	Tantalita Columbita	Cassiterita	Ilmenita	Magnetita
1	480,0	248,0	0,0	0,0
2	854,5	501,5	0,0	0,0
3	6,0	3,2	17,1	215,0
4	62,5	7,5	64,0	5.993,0
5	12,0	10,0	14,5	1.153,5
6	18,5	2,5	5,0	156,0
7	16,5	5,0	8,5	0,0
8	5,5	4,5	13,0	11,5
9	8,8	3,2	10,0	197,2
10	11,0	0,4	2,2	0,6
11	48,3	3,0	37,2	1,5
12	16,4	1,2	7,6	2,4
13	405,2	16,8	230,8	11,2
14	19,6	3,6	0,6	1,2
15	150,0	7,0	23,0	6,0
16	10,6	0,9	0,7	0,8
17	14,6	31,2	7,8	1,4
18	50,6	3,5	5,8	2,8
19	10,0	4,0	18,0	14,0
20	650,6	333,5	777,0	6,3
21	18,6	2,0	8,4	6,0
22	8,0	0,4	1,2	9,6
23	13,6	9,0	17,2	1,2
24	19,5	2,5	6,0	45,5
25	64,8	103,8	5,2	3,4
26	9,0	4,0	22,5	59,5
27	9,5	2,5	60,0	193,0
28	52,0	80,0	13,2	36,0
29	49,2	58,8	32,4	26,4
30	14,5	3,0	6,5	178,5
31	3,3	1,5	9,3	1,2
32	14,0	7,5	144,5	1,5
33	3,5	6,0	12,5	0,0
34	2,5	2,5	14,0	0,0
35	12,0	5,0	51,0	970,0
36	46,0	3,0	1,0	2,0
37	16,0	1,0	13,0	4,0
38	33,0	1,0	1,5	1,0
39	140,0	5,0	291,0	119,0
40	16,0	1,0	29,0	5,0
41	69,3	69,7	27,0	1,7
42	43,7	0,0	0,0	4,5
43	20,7	15,6	15,7	10,5
44	24,1	0,0	0,0	2,5
45	0,0	0,0	0,0	2,6
46	8,3	11,5	2,3	1,6
47	66,5	407,5	7,1	0,3
48	128,6	0,0	0,0	2,0
49	12,0	20,0	20,2	258,0
50	2,6	3,0	1,5	12,9
51	8,6	2,0	14,0	121,4
52	4,0	2,4	6,4	1.000,0
53	10,4	8,4	45,0	70,0
54	2,6	1,0	11,2	4,8
55	18,9	619,3	63,2	20,7
56	28,0	155,5	66,7	58,7
57	46,4	115,9	258,3	63,9
58	34,3	28,6	34,3	2,0
59	59,0	27,5	7,4	6,0
60	64,0	2,8	7,0	3,8
61	66,2	7,4	4,4	24,8
62	50,0	25,0	80,0	7,0
63	65,2	8,8	46,2	4,8
64	41,2	4,0	5,5	7,1
65	80,4	7,2	44,0	3,3
66	99,7	60,0	33,0	228,7
67	20,3	2,3	8,4	2,6
68	50,0	1,6	10,0	0,8
69	3,7	0,3	2,5	0,4
70	61,2	12,8	82,8	94,8
71	50,4	4,0	130,8	2,0
72	2,3	1,8	1,3	0,2
73	9,2	2,0	2,0	2,4
74	60,0	2,4	12,4	0,2
75	48,6	3,2	20,8	9,4
76	18,8	288,8	2,4	1,0
77	48,0	170,8	23,2	0,8
78	53,2	1.628,0	7,2	1,1
79	6,3	4,5	50,5	0,6
80	3,6	1,6	19,6	2,4
81	43,8	2,0	3,2	0,2
82	6,0	2,4	1,2	2,4
83	8,0	0,5	1,0	1,0
84	15,0	140,0	10,0	10,0
85	42,8	1,2	3,6	4,8
86	71,2	13,6	182,4	920,0
87	34,2	1,0	2,8	1,0
88	12,0	2,0	1,6	8,0
89	104,3	13,7	3,8	1,6
90	112,0	11,2	31,6	5,0

concentração próximo ao centro da região em foco (fig. 8), sendo subdividida e mais discriminada na superfície sêxtica, em virtude do maior coeficiente de correlação encontrado (fig. 9).

O mesmo tratamento de resíduos dado à *tantalita*, foi aplicado no presente caso, com resultados semelhantes (Tabela 2).

TABELA 2

Equidistância = 20	Tantalita	Cassiterita	Ilmenita	Magnetita
Grau 1				
% da soma dos quadrados	9,4	2,0	1,6	1,9
coeficiente de correlação	30,7	14,4	12,9	13,8
Grau 2				
% da soma dos quadrados	21,4	7,5	6,9	6,5
coeficiente de correlação	46,3	27,5	26,3	25,5
Grau 3				
% da soma dos quadrados	23,9	11,9	8,5	10,1
coeficiente de correlação	48,9	34,4	29,1	31,8
Grau 4				
% da soma dos quadrados	38,0	16,5	9,8	14,3
coeficiente de correlação	58,0	39,1	30,9	37,9
Grau 5				
% da soma dos quadrados	46,3	20,4	11,7	17,5
coeficiente de correlação	57,1	44,6	23,2	40,8
Grau 6				
% da soma dos quadrados	46,8	22,5	157,4	19,4
coeficiente de correlação	62,3	50,9	-10^3	40,4

ILMENITA E MAGNETITA

A finalidade do tratamento matemático para análise da distribuição desses dois minerais, foi de tentar encontrar alguma relação direta ou inversa, com *tantalita* ou *cassiterita*, o que facilitaria futuras prospecções e pesquisas na área.

Desde a superfície de grau 1, ambas frações mostraram porcentagem de soma total dos quadrados dos resíduos e coeficientes de correlação muito baixos, exceção feita à superfície de 6º grau da *ilmenita* (fig. 10) que apresentou alta porcentagem dessa soma, mas coeficiente de

correlação negativo (indeterminado) (Tabela 2).

Ficou demonstrado que não existe tendência para a distribuição de *ilmenita*, sendo a mesma aleatória.

Quanto à *magnetita*, parece haver uma leve tendência de configuração semelhante à da *tantalita* (fig. 11), porém, apresentando baixo coeficiente de correlação (Tabela 2).

CONCLUSÕES

As observações resultantes da análise de tendência de superfície comparadas com o mapa geológico da quadrícula de Cassiterita (fig. 2) fazem supor que um dos focos de fluídos pegmatíticos se encontra na região sudoeste daquela quadrícula, próximo ou adjacente aos leptitos.

As linhas isoteores do *trend* não distinguem, aparentemente, as litologias das encaixantes, pela ponderação dos teores. No entanto pelos dados constantes da Tabela 1, verifica-se que os afloramentos situados nos anfibólios xistos, ou mesmo no contacto destes com os gnaisses, são os maiores responsáveis pela tendência de concentração de Ta e Nb e por duas abas de concentração de Sn.

A figura 9 (*trend* de 6º grau de *cassiterita*) mostra uma disposição simétrica em relação a uma fonte, apresentando suas maiores concentrações em duas abas opostas e mais externas, em relação à distribuição da *tantalita*.

Tais relações permitem supor que, pelo menos localmente, as soluções mineralizantes de Ta-Nb e as de Sn provém da mesma fonte, embora difiram quanto às distâncias e formato das zonas nas quais agiram de modo mais acentuado e, por analogia, quanto ao predomínio da etapa de evolução do processo pegmatítico.

Os coeficientes de correlação relativamente baixos apresentados pelas análises de *trend* de *magnetita* (Tabela 2), talvez possam ser explicados por problemas de separação, de liberação ou de martitização. Porém, para a sua disposição na superfície de 60º grau (fig. 11), parece haver um motivo geológico.

A *magnetita* deve ter sido formada nos estágios magmáticos iniciais dos pegmatitos. A mineralização tântalo-niobífera, que com a evolução passou a ser niobo-tantalífera, se deu predominantemente nos primeiros estágios pneumatolíticos (K e Li) (Ginsbourg, 1960). A

cassiterita teve seu desenvolvimento maior na fase Na, posterior as anteriores, e provavelmente, após algum tectonismo.

Pesquisas recentes (1973-1974), efetuadas pela Cia de Estanho São João Del Rey e outras, comprovaram a existência de alguns corpos com alto conteúdo de minerais tântalos-niobíferos e estaníferos exatamente nas porções em que as superfícies de grau 6 de *tantalita* e *cassiterita* apresentam *altos*, ou seja, na parte centro-sudoeste da quadrícula. Esse fato vem comprovar os resultados apresentados neste trabalho, reforçando a validade do procedimento.

BIBLIOGRAFIA

AMARAL, G. e ELLERT, N. (1971) — Aplicação do *trend surface analysis* a interpretação do levantamento geoquímico e geofísico da jazida de níquel de Ipanema, Minas Gerais. XXV Congr. Bras. Geol., São Paulo, Res. Comunicações, p. 114.

FRANCESCONI, R. (1972) — Pegmatitos da Região de São João Del Rei, MG. Tese apresentada ao Instituto de Geociências—USP. 101 pg.

ELLERT, N. (1971) — Aplicação do método eletro-magnético indutivo na prospecção de minério de cobre. Tese apresentada ao Instituto de Geociências—USP (inédita).

GINSBOURG, A.I. (1960) — Specific geochemical feature of the pegmatitic process. XXI Int. Geol. Congr. Part. XVII p. 111.